中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫及其为害棉株的趋性反应

潘洪生[1,2], 赵秋剑[1], 赵奎军[2], 张永军[1,*], 吴孔明[1], 郭予元[1]
(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;
2. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 研究中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday 对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 幼虫及其为害棉株的趋性行为, 可为高效应用中红侧沟茧蜂控制棉铃虫提供理论依据。本研究在实验室内以中红侧沟茧蜂雌蜂、1~5 龄棉铃虫幼虫及其为害棉花植株(去虫或未去虫)为试验材料, 采用"Y"型昆虫嗅觉仪测定了中红侧沟茧蜂雌蜂对 1~5 龄棉铃虫幼虫及其为害棉株的趋性行为反应。结果表明: 中红侧沟茧蜂对 3 龄、4 龄和 5 龄棉铃虫幼虫均没有明显的趋向行为反应, 1 龄和 2 龄棉铃虫幼虫对中红侧沟茧蜂有显著的引诱作用。此外, 1~5 龄棉铃虫幼虫为害后去虫棉株与健康棉株均对中红侧沟茧蜂有吸引作用。在未去虫的处理中, 虫害诱导棉株比健康植株更能吸引中红侧沟茧蜂, 与健康植株差异显著, 而且不同龄期棉铃虫幼虫为害处理间差异较大, 对中红侧沟茧蜂引诱作用的相对顺序为: 5 龄为害植株 > 2 龄和 4 龄为害植株 > 1 龄和 3 龄为害植株 (2 龄和 4 龄为害处理间差异不显著; 1 龄和 3 龄为害处理间差异不显著)。本研究结果可为中红侧沟茧蜂在生物防治上的应用提供一定的理论指导和实践依据。

关键词: 中红侧沟茧蜂; 棉铃虫; 棉花; 行为反应; 趋性
中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2011)04-0437-06

Responses of *Microplitis mediator* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) to different instar larvae of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and damaged cotton plants

PAN Hong-Sheng[1,2], ZHAO Qiu-Jian[1], ZHAO Kui-Jun[2], ZHANG Yong-Jun[1,*], WU Kong-Ming[1], GUO Yu-Yuan[1] (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Studying the responses of *Microplitis mediator* Haliday to different instar larvae of *Helicoverpa armigera* Hübner and damaged cotton plants could supply the theoretical basis for effectively applying *M. mediator* to control cotton bollworm (CBW). In this study, responses of female *M. mediator* wasps to different instar larvae of CBW and damaged cotton plants were measured by using Y-shaped olfactometer in laboratory. Results showed that CBW larvae of the 3rd, 4th and 5th instars had no significant attraction to *M. mediator*, while CBW larvae of the 1st and 2nd instars had significant attraction. Among the behavioral responses of *M. mediator* to cotton plants damaged by different instar larvae of CBW, we found that both cotton plants damaged by CBW larvae and the healthy ones (the control) could strongly attract wasps. In tests with no larvae removed, *M. mediator* wasps had a significantly higher preference for damaged cotton plants plus CBW larvae than for the control, but there were notable differences in attraction among different instars, and the relative selective preference order was as follows: plants infested by 5th instar larvae of CBW > plants infested by 2nd and 4th instar larvae of CBW > plants infested by 1st and 3rd instar larvae of CBW. The results may provide some theoretical guidance and practical basis for application of *M. mediator* in biological control strategy.

Key words: *Microplitis mediator*; *Helicoverpa armigera*; cotton; behavioral response; taxis

---

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871640, 30330410); 植物病虫害生物学国家重点实验室项目(SKL2007SR01)
作者简介: 潘洪生, 男, 1982 年生, 黑龙江哈尔滨人, 博士研究生, 研究方向为昆虫化学生态学, E-mail: panhongsheng0715@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: yjzhang@ippcaas.cn
收稿日期 Received: 2010-11-15; 接受日期 Accepted: 2011-01-31

自然环境中的寄生蜂能否成功找到合适靶标寄主是控制害虫、繁衍种群的首要条件。一般情况下，寄生蜂往往需要借助于与寄主有关的化学信号搜寻并最终找到寄主(Soler *et al.*, 2007)。来自寄主的刺激物通常能够可靠地指示寄主的存在，但能够被探测的距离往往较短(Morgan and Hare, 1998)。相比之下，来自寄主生境的挥发性物质在昆虫寄主定位过程中能够发挥长距离线索的作用，因为这些物质通常释放量大且易被昆虫搜寻到。植物挥发性物质被植食性昆虫攻击诱导而释放，一般极易被寄生蜂检测到，并可作为搜寻寄主的可靠信号(Neveu *et al.*, 2002)。另外，寄生蜂还可以通过比较植食性昆虫取食诱导后植物挥发物的组分变化来区分猎物的不同龄期，并锁定适合寄生的特定龄期靶标猎物。Takabayashi 等(1995)指出，卡氏绒茧蜂 *Cotesia kariyai* 能通过比较低龄和高龄幼虫为害植物释放挥发物的差异来识别东方粘虫 *Pseudaletia separata* 的低龄幼虫(1~4 龄)和高龄幼虫(5~6 龄)。

中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 是棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、粘虫 *Mythimna separata* 及小地老虎 *Agrotis ypsilon* 等害虫的重要寄生性天敌(何俊华和王德安, 1992)。已有的研究表明，中红侧沟茧蜂在防治棉铃虫等鳞翅目害虫领域具有广阔的应用前景。本文以棉花-棉铃虫-中红侧沟茧蜂三重营养级系统为研究对象，初步研究了中红侧沟茧蜂雌蜂对不同龄期棉铃虫幼虫及其为害棉花植株的趋性行为反应。本研究可为解析天敌昆虫寻找寄主过程，以及高效应用天敌生物因子控制害虫提供一定的理论参考。

1 材料和方法

1.1 供试棉花

泗棉 3 号棉种由江苏省农业科学院植物保护研究所提供。温室内将棉籽播种在塑料花盆中(直径 12 cm, 高 10 cm)，室温保持在 28 ± 3℃，相对湿度为 75%，光周期为 14L:10D。生长期不施用任何农药，待棉株长至 5~7 叶时，整盆移至实验室备用。

1.2 供试昆虫

棉铃虫于 1999 年采自河南省新乡地区棉田，室内人工饲料饲养 120 代，未接触任何杀虫剂。分别选取 1~5 龄初期的幼虫用于试验。

中红侧沟茧蜂滞育茧由河北省农林科学院植物保护研究所提供，寄生蜂在 26℃ 培养箱(光周期为 14L:10D，相对湿度为 60%)中孵育，羽化后将其置于长宽均为 10 cm，高 20 cm 的有机玻璃罩中，并以 20% 的蜂蜜水为营养补充。

1.3 Y 型昆虫嗅觉仪

"Y"型昆虫嗅觉仪参照于惠林等(2006)和吴敌等(2010)方法并作适当改进。由"Y"型无色透明玻璃管构成，三臂均长 30 cm，A, B 两臂夹角 60℃，管内径 2 cm。用 QC-1B 型大气采样仪(北京劳动保护研究所)作为气流动力系统，嗅觉仪放在 100 cm × 100 cm × 60 cm 的暗室内，暗箱顶部 1 m 处平行安置 2 支 40 W(1 500 lx)日光灯管提供光照。室内温度保持在 25 ± 1℃。

1.4 棉株处理

分别取 15 头 1~5 龄棉铃虫幼虫，饥饿 6 h 后接在培养皿内的棉花叶片上。为害 12 h 后将叶片置于 WinFOLIA 2008a 叶面积仪下测定受损叶片的面积，重复 3 次。计算出不同虫龄的棉铃虫幼虫为害 12 h 后的平均为害面积。

1.5 中红侧沟茧蜂趋性行为测定

1.5.1 对不同龄期棉铃虫幼虫的趋性反应：设 1~5 龄棉铃虫幼虫为气味源，采用"Y"型昆虫嗅觉仪测定中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫的趋向反应。中侧沟茧蜂群体交配 24 h 后，选择个体大小基本一致、触角完整且行为较活跃的雌蜂用于测试。"Y"型管基部一端连接寄生蜂释放管，两臂用硅胶管分别连接气味源后再连接真空泵，真空泵吹出的气流使管道内保持持续的气味源，并以 400 mL/min 的流速通过每个味源进入"Y"型管两臂。气流进入气味源前需通过活性碳过滤器过滤和洗瓶加湿。

依据中红侧沟茧蜂的生物学特性，试验安排在每日 9:00－17:00 进行。将仪器连接，由释放管管口将单头蜂放至"Y"型管基部，观察记录寄生蜂 5 min 内对气味源的行为反应。当寄生蜂越过某臂 1/3 处并停留 5 s 以上判定为选择；当寄生蜂被引入 5 min 内无反应，则判定为无选择，并结束对该寄生蜂的行为观察。每头寄生蜂只测试 1 次，每测试 5 头，将"Y"型管两臂互调方向，以消除位置引起的误差，每测试 10 头更换洁净的"Y"型管。每处理共计测试 60 头寄生蜂。每天测定完毕后，用丙酮清洗"Y"型管及连接胶管并自然晾干。

1.5.2 对不同龄期棉铃虫幼虫为害棉株的趋性行

为：在中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫为害棉株的趋性行为反应测试中，设置两种类型处理，分别为棉铃虫幼虫为害棉株后去除棉铃虫幼虫（简称去虫处理）和棉铃虫幼虫为害棉株后继续保留棉铃虫幼虫处理（简称未去虫处理）。在保证为害叶面积相同的前提下，采用叶面积仪确定接在棉株叶片上的1～5龄棉铃虫幼虫的头数分别为160，70，12，7和5头。幼虫在被转移到棉株上之前均饥饿6 h，棉株和棉铃虫幼虫置于有机玻璃罩内以防昆虫逃逸，取食处理12 h后进行寄生蜂趋性行为测定。

利用“Y”型昆虫嗅觉仪测定1～5龄的棉铃虫幼虫分别为害5～7叶期的棉花植株12 h后对中红侧沟茧蜂趋性行为的影响。先设未接虫植株为对照，测试中红侧沟茧蜂分别对1～5龄棉铃虫幼虫为害棉花植株处理（去虫或未去虫）的趋向反应，然后将1～5龄棉铃虫幼虫为害棉株（未去虫）进行成对组合，比较1～5龄棉铃虫幼虫为害棉花幼苗处理对中红侧沟茧蜂引诱效果的强弱差异。测试方法同1.5.1。

1.6　数据统计与分析

叶面积测定结果采用DPS 7.05软件进行分析；寄生蜂的选择反应用卡方（χ^2）测验法进行显著性差异检测，未作出选择的寄生蜂不进行分析；其余数据采用SPSS 11.5软件进行分析。

2　结果与分析

2.1　1～5龄棉铃虫幼虫为害棉花叶片的面积

1～5龄棉铃虫幼虫单头为害棉株12 h后的平均为害面积分别为0.198±0.013，0.498±0.033，2.917±0.135，4.530±0.279和6.438±0.383 cm^2，保证为害面积相同的情况下，从而确定接于棉株叶片上的1～5龄棉铃虫幼虫的头数。

2.2　中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫的趋性反应

在中红侧沟茧蜂对1～5龄棉铃虫幼虫的趋性行为反应测试中（图1），1龄与2龄幼虫对中红侧沟茧蜂的引诱作用与空白差异显著（$\chi^2_{0.05}=3.84<\chi^2=4.188<\chi^2_{0.025}=5.02$；$\chi^2=8.562>\chi^2_{0.01}=6.63$）。在中红侧沟茧蜂对3，4和5龄棉铃虫幼虫与对照间的趋性反应测试中，未选择数接近一半（共计测试100头雌蜂）。而1龄与2龄棉铃虫幼虫对中红侧沟茧蜂引诱效果差异不显著（$\chi^2_{0.75}=0.102<\chi^2=0.400<\chi^2_{0.50}=0.455$），表明1龄和2龄棉铃虫幼虫对中红侧沟茧蜂具有同等效果的吸引作用。

2.3　中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫为害棉株的趋性反应

2.3.1　对棉铃虫幼虫为害棉株后去除幼虫的趋性反应：1～5龄棉铃虫幼虫为害后，去虫处理与正常对照棉株均对中红侧沟茧蜂有吸引作用，但差异不显著（图2）。

2.3.2　对棉铃虫幼虫为害棉株后保留幼虫的趋性行为反应：由图3可以看出，1～5龄棉铃虫幼虫为害棉株后，保留棉铃虫幼虫及其粪便的处理以及健康棉株都对中红侧沟茧蜂有一定吸引作用，但不同龄期棉铃虫幼虫为害棉株后未去虫处理对中红侧沟茧蜂具有显著的引诱作用（$P<0.05$），其中2，3和4龄棉铃虫幼虫为害的处理与对照差异达到极显著水平（$P<0.01$）。

另外，1龄与3龄棉铃虫幼虫为害处理的棉株对中红侧沟茧蜂的吸引差异不显著（$P>0.05$）；1龄棉铃虫幼虫与2，4和5龄棉铃虫幼虫取食棉花后未去虫处理差异显著（$P<0.05$），且1龄为害与5龄为害差异极显著（$P=0.006<0.01$）；2龄与3龄棉铃虫幼虫诱导取食的棉株对寄生蜂的吸引能力差异极显著（$P=0.002<0.01$），2龄与4龄和5龄棉铃虫幼虫为害后未去虫处理差异不显著；3龄为害与4龄为害处理间差异极显著（$P=0.009<0.01$），3龄与5龄棉铃虫幼虫为害处理棉株间也存在显著差异（$P=0.018<0.05$）；同样4龄与5龄棉铃虫幼虫取食处理的棉株间差异显著（$P=0.043<0.05$）。

不同龄期棉铃虫幼虫为害处理后未去虫（保持棉铃虫继续为害）的棉株均比健康植株更能吸引中红侧沟茧蜂，且不同龄期为害棉株处理间存在差异，其中以5龄棉铃虫幼虫诱导为害的棉株吸引能力最强；2龄和4龄幼虫诱导取食的棉株对中红侧沟茧蜂也有很强的吸引作用，但差异不显著；1龄和3龄棉铃虫幼虫诱导的棉株虽然有一定的吸引作用，但与2，4和5龄棉铃虫幼虫处理的相比差异不显著。据此推断，不同龄期的棉铃虫幼虫取食为害棉株后未去虫的棉花植株释放的挥发物对中红侧沟茧蜂引诱作用的相对顺序为：5龄为害植株>2龄和4龄为害植株>1龄和3龄为害植株。

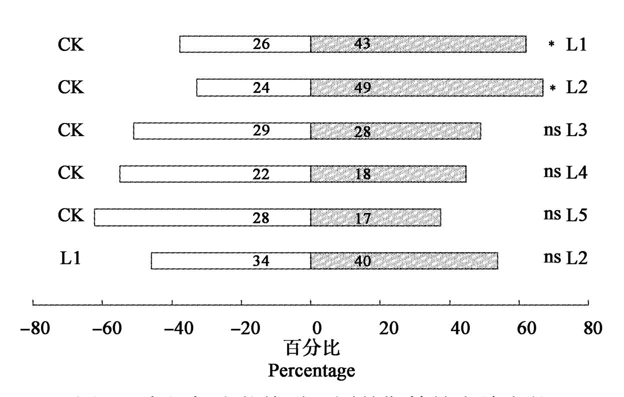


图 1 中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫的趋性反应

Fig. 1 Responses of *Microplitis mediator* to volatiles from different instar larvae of *Helicoverpa armigera*

柱上数据为中红侧沟茧蜂对不同气味的行为选择数 Data in the bars indicate the number of choice response of female *M. mediator* to different volatiles. *: $P<0.05$; ns: 差异不显著 No significant difference. 下同 The same below. CK: 干净空气 Clean air; L1: 1 龄幼虫 1st instar larvae; L2: 2 龄幼虫 2nd instar larvae; L3: 3 龄幼虫 3rd instar larvae; L4: 4 龄幼虫 4th instar larvae; L5: 5 龄幼虫 5th instar larvae.

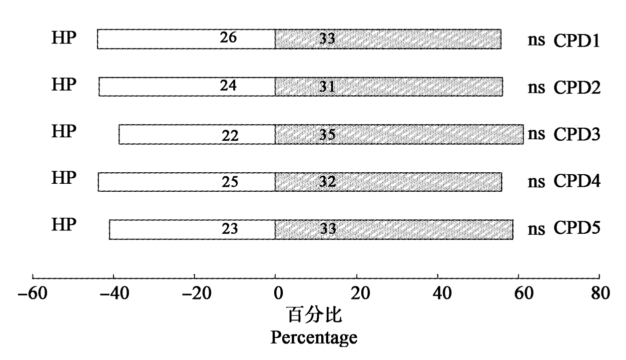


图 2 中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫为害后去虫植株的趋性反应

Fig. 2 Responses of *Microplitis mediator* to volatiles from cotton plants damaged by different instar larvae of *Helicoverpa armigera* with larvae removed

HP: 健康植株 Healthy plant; CPD1: 1 龄幼虫为害棉株 Cotton plants damaged by the 1st instar larvae; CPD2: 2 龄幼虫为害棉株 Cotton plants damaged by the 2nd instar larvae; CPD3: 3 龄幼虫为害棉株 Cotton plants damaged by the 3rd instar larvae; CPD4: 4 龄幼虫为害棉株 Cotton plant damaged by the 4th instar larvae; CPD5: 5 龄幼虫为害棉株 Cotton plants damaged by the 5th instar larvae. 图 3 同 The same for Fig. 3.

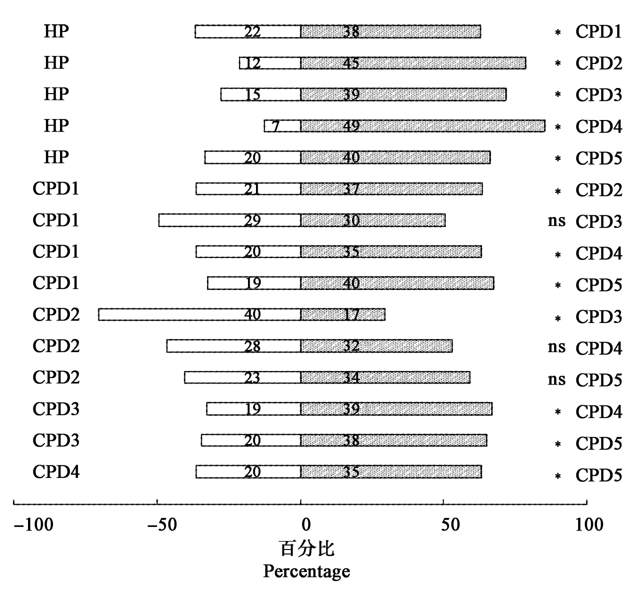


图 3 中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫为害后未去虫植株的行为反应

Fig. 3 Responses of *Microplitis mediator* to volatiles from cotton plants damaged by different instar larvae of *Helicoverpa armigera* with no larvae removed

3 讨论

中红侧沟茧蜂对 1 ~ 5 龄棉铃虫幼虫及其为害棉株的趋性反应的研究结果表明，1 龄和 2 龄棉铃虫幼虫对中红侧沟茧蜂有显著的引诱作用。通过中红侧沟茧蜂对 1 ~ 5 龄棉铃虫幼虫为害棉株的趋性反应研究发现，1 ~ 5 龄棉铃虫幼虫为害处理棉株后去虫处理与正常对照棉株差异不显著；未去虫处理对中红侧沟茧蜂吸引能力的相对顺序为：5 龄为害植株 > 2 龄和 4 龄为害植株 > 1 龄和 3 龄为害植株。

刘小侠等(2004)以室内饲养的棉铃虫幼虫和中红侧沟茧蜂为材料，研究了寄主大小对中红侧沟茧蜂产卵和生长发育的影响。结果表明，中红侧沟茧蜂成蜂产卵行为对寄主大小有显著的选择性，成功寄生率随寄主体重的增加而降低。本研究中，中红侧沟茧蜂对棉铃虫高龄幼虫不具选择性，而趋向于低龄幼虫，这可能与其产卵行为有关。Ngi-Song 和 Overholt (1997) 研究了挥发物在螟黄足盘绒茧蜂 *Cotesia flavipes* 和大螟盘绒茧蜂 *Cotesia sesamiae* 对斑禾草螟 *Chilo partellus*、沿岸禾草螟 *Chilo orichal-cociliellus* 和非洲蛀茎叶蛾 *Sesamia calamistis* 等钻蛀性寄主害虫定位中的作用，结果表明寄生蜂主要利用来自寄主昆虫虫体及虫粪的挥发物来定位和寻找寄主昆虫。陈华才等(2003)研究发现螟蛉绒茧蜂 *Apanteles ruficrus* 栖境定位和寄主选择过程中所利用的挥发物主要来自寄主植物、寄主幼虫和虫粪。本文中棉铃虫幼虫体表及其粪便中是否含有引诱中红侧沟茧蜂的化合物以及这些化合物的组分

有待进一步研究。

植物挥发物在三营养级系统中起重要作用。植物挥发性信息物质不仅为寄主昆虫寻找寄主提供信息，也为寄生蜂定位寄主栖境提供线索。在许多情况下，寄生蜂可区分寄主为害受损的植物和人工损伤的植物，这表明植物在被植食性害虫取食后，所释放的挥发性化学信号应该包括植物源和寄主源的混合信息。寄生夜蛾科幼虫的缘腹绒茧蜂 *Cotesia marginiventris* 能够区分不同幼虫引起的损伤（Turlings *et al.*, 1990）。本文研究结果表明，棉铃虫幼虫为害后去虫及其虫粪处理的棉株与健康植株对中红侧沟茧蜂引诱力差异不显著，但中红侧沟茧蜂却显著地趋向未去虫处理的棉株，这可能是因为被害棉株中寄主害虫和虫粪的存在以及害虫的继续为害提高了挥发物的释放量。当从被害棉株中去除害虫和虫粪后，中红侧沟茧蜂不能区分被害棉株和健康植株的挥发物，表明来自棉铃虫幼虫及其粪便的挥发性信息物质在中红侧沟茧蜂的寄主搜寻定位过程中具有重要的信号作用，而来自寄主植物的挥发物则为中红侧沟茧蜂搜索寄主栖境提供了重要信息。寄主植物在遭受植食性昆虫为害后，能诱导释放出某些特异性挥发物强烈地引诱寄生蜂（Turlings *et al.*, 1991, 1992; Potting *et al.*, 1995）。本研究发现，中红侧沟茧蜂能够区分害虫正在为害的棉株和健康棉株的挥发性信息，但不能选择性区分被害后去虫棉株与对照植株。自然界中的寄生蜂能够通过虫害诱导的挥发物准确找到被害部位，然后借助视觉等感觉器官定位发现猎物。植食性昆虫取食诱导植物释放的挥发性化合物能够被用来激发寄生蜂的搜寻行为，避免了寄生蜂在无寄主的环境中做无目的的搜索（郭予元，1998）。

参 考 文 献（References）

Chen HC, Lou YG, Cheng JA, 2003. Effect of volatiles from herbivores and herbivore-damaged rice plants on the behavioral selection of parasitoid *Cotesia ruficrus* Haliday. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Science)*, 29(1): 18－23.［陈华才，娄永根，程家安，2003. 寄主昆虫及被害水稻的挥发物对螟蛉绒茧蜂寄主选择行为的影响. 浙江大学学报（农业与生命科学版），29(1): 18－23］

Guo YY, 1998. Research on *Helicoverpa armigera*. China Agriculture Press, Beijing. 85.［郭予元，1998. 棉铃虫的研究. 北京：中国农业出版社. 85］

He JH, Wang DA, 1992. *Microplitis mediator* (Haliday) – a new record of Braconidae from China. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 7(3): 123.［何俊华，王德安，1992. 中国茧蜂科新记录种——中红侧沟茧蜂. 华北农学报，7(3): 123］

Liu XX, Zhang QW, Li JC, Xu J, 2004. Effects of host size on oviposition and development of the endoparasitoid, *Microplitis mediator* Haliday. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(2): 110－113.［刘小侠，张青文，李建成，徐静，2004. 寄主大小对中红侧沟茧蜂产卵和发育的影响. 中国生物防治，20(2): 110－113］

Morgan DJW, Hare JD, 1998. Volatile cues used by the parasitoid, *Aphytis melinus*, for host location: California red scale revisited. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88: 235－245.

Neveu N, Grandgirard J, Nenon JP, Cortesero AM, 2002. Systemic release of herbivore-induced plant volatiles by turnips infested by concealed root-feeding larvae *Delia radicum* L. *Journal of Chemical Ecology*, 28(9): 1717－1732.

Ngi-Song AJ, Overholt WA, 1997. Host location and acceptance by *Cotesia flavipes* Cameron and *C. sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of African gramineous stemborers: role of frass and other host cues. *Biological Control*, 9: 136－142.

Potting RPJ, Vet LEM, Dicke M, 1995. Host microhabitat location by stem-borer parasitoid *Cotesia flavipes*: the role of herbivore volatiles and locally and systemically induced plant volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 21(5): 525－539.

Soler R, Harvey JA, Kam PAFD, Vet LEM, van der Putten WH, van Dam NM, Stuefer JF, Gols R, Hordijk CA, Bezemer TM, 2007. Root herbivores influence the behaviour of an aboveground parasitoid through changes in plant-volatile signals. *Oikos*, 116: 367－376.

Takabayashi J, Takahashi S, Dicke M, Posthumus MA, 1995. Developmental stage of herbivore *Pseudaletia separata* affects production of herbivore-induced synomone by corn plants. *Journal of Chemical Ecology*, 21(3): 273－287.

Turlings TCJ, Tumlinson JH, 1992. Systemic release of chemical signals by herbivore-injured corn. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 8399－8402.

Turlings TCJ, Tumlinson JH, Eller FJ, Lewis WJ, 1991. Larval-damaged plants: source of volatile synomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the micro-habitat of its hosts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 58: 75－82.

Turlings TCJ, Tumlinson JH, Lewis WJ, 1990. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. *Science*, 250 (4985): 1251－1253.

Wu D, Lin FM, Lu YH, Liu Y, Zhang YJ, Wu KM, Guo YY, 2010. Selective preferences of *Apolygus lucorum* and *Adelphocoris suturalis* (Hemiptera: Miridae) to cotton plants with different resistance levels and damaging treatments. *Acta Entomologica Sinica*, 53(6): 696－701.［吴敌，林凤敏，陆宴辉，刘勇，张永军，吴孔明，郭予元，2010. 绿盲蝽和中黑盲蝽对不同抗性和虫害处理棉花的选择趋性. 昆虫学报，53(6): 696－701］

Yu HL, Zhang YJ, Sun GJ, Guo YY, Gao XW, 2006. Taxis responses of parasitoid *Microplitis mediator* to volatiles of cotton after different treatments. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 12(6): 809-813. [于惠林, 张永军, 孙国军, 郭予元, 高希武, 2006. 棉铃虫天敌中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 对不同处理棉花的趋性行为反应. 应用与环境生物学报, 12(6): 809-813]

（责任编辑：赵利辉）